

Список использованных источников

1. Giuffrida A. Thermodynamic analysis of air-blown gasification for IGCC applications // Applied Energy. – 2011. № 88. 3949–3958.
2. Woolcock P.G. A review of cleaning technologies for biomass derived synth gas. Biomass and bioenergy 52 (2013) 54 – 84.
3. Zhiwei M. Desulfurization kinetics of ZnO sorbent loaded on semi-coke support for hot coal gas / M. Zhiwei, X. Zheng, L. Chang, R. He, W. Bao // Journal of Natural Gas Chemistry. – 2012. – № 21. – P. 556–562.

УДК 66.021.4

Д. А. Камнева, Н. Б. Лошкарёв

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ ГАЗА И ТЕПЛООБМЕНА ВНУТРИ ШАРОВЫХ ЕМКОСТЕЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация

В данной работе представлено компьютерное моделирование процессов движения газа и теплообмена внутри шаровой ёмкости для хранения нефтепродуктов. Исследование проводилось с использованием САПР SolidWorks, а именно с помощью модуля Flow Simulation. Итоги моделирования представлены графически и представляют собой поля распределения температур и скоростей. Полученные в ходе исследования данные были проанализированы. На основе результатов моделирования движения газов в резервуаре определены оптимальные скорости газа на входе в шаровую ёмкость. Анализ распределения температур позволил выявить труднодоступные для нагрева места в резервуаре.

Ключевые слова: шаровые резервуары; компьютерное моделирование; температурные поля; скоростные поля; SolidWorks; Flow Simulation.

Abstract

In this report, we present a computer simulation of the processes of gas motion and heat exchange inside a spherical tank for storage of petroleum products. The study was done using SolidWorks, namely using the Flow Simulation module. The simulation results are presented graphically and contain the temperature and velocity distribution fields. The data obtained during the study were analyzed. Based on the results of modeling the movement of gases, the optimal gas velocities at the entrance to the tank capacity are determined. Analysis of the distribution of temperatures made it possible to identify places that are difficult to access for heating in the tank.

Keywords: spherical tank; computer modeling; temperature field; velocity field; SolidWorks; Flow Simulation.

Шаровые резервуары – это ёмкости, применяемые для хранения нефтепродуктов. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими видами хранилищ. Во-первых, шаровые резервуары имеют меньшую поверхность по сравнению с цилиндрическими, благодаря чему при их изготовлении тратится меньше металла на единицу веса продукта. Во-вторых, в несколько раз снижается количество используемых приборов контроля и датчиков, устанавливаемых в каждой ёмкости. В-третьих, шаровые резервуары позволяют значительно сократить площадь резервуарного парка при одинаковом объеме хранимого продукта и уменьшить разводку продуктопроводов между ёмкостями [1].

Объем рассматриваемого шарового резервуара 2000 м³, масса корпуса резервуара 300 т, внутренний диаметр корпуса составляет 16600 мм.

Главной составляющей резервуара является оболочка, состоящая из отдельных лепестков двоякой кривизны. Лепестки должны быть крупными, взаимозаменяемыми, однотипными. Для надежного опирания оболочки на проектные стойки число лепестков должно быть чётным, наиболее предпочтительно число лепестков, кратное четырем [2].

Для сооружения шаровых резервуаров применяют марки стали с установившимися прочностными характеристиками, с хорошей свариваемостью и высокими пластическими свойствами. В данном случае используется низколегированная сталь 09Г2С, которая отличается высокой пластичностью при отрицательных температурах.

Оболочка шарового резервуара вместимостью 2000 м³ состоит из 24 взаимозаменяемых лепестков, которые по условиям транспортировки после изготовления разрезают на две части (нижняя и верхняя), двух крышек (купол и днище). Готовый шар устанавливают на забетонированные колонны и приваривают к ним. Шаровые резервуары также оборудованы люками, клапанами, запорными механизмами, сигнализаторами, термометрами, манометрами, устройствами для вентиляции и промывки. Все перечисленные приспособления выполняют свои функции при организации хранения нефтепродуктов.

Из-за больших размеров осуществить транспортировку шаровых резервуаров в готовом виде затруднительно. Именно поэтому сборку шаров вынуждены производить непосредственно на месте их установки. Соединение лепестков между собой происходит с помощью сварочного оборудования. Однако в местах сварки возникает термическое напряжение, что впоследствии может привести к образованию трещин. Чтобы избежать подобных последствий, необходимо снять напряжение с металла, то есть подвергнуть шаровой резервуар термообработке. Сначала шар нагревают до температуры 620–650 °С, выдерживают при этой температуре 2–3 часа и далее следует медленное охлаждение.

Для того чтобы нагреть шаровой резервуар до необходимой температуры было принято решение использовать внутренний нагрев с помощью жидкотопливной блочной промышленной горелки «Riello» серии DB. Тепловая мощность горелки составляет 10–12 МВт, расход дизельного топлива – 1100 кг/ч. Для обеспечения нужной равномерности нагрева горелка имеет возможность регулирования длины и формы факела в процессе работы.

Для изоляции снаружи шарового резервуара закрепляют теплоизоляционные маты в 2, 3 слоя. Горелка крепится, перпендикулярно поверхности земли, через технологическое отверстие в днище. Продукты сгорания отводятся через технологическое отверстие в куполе.

Основная проблема заключается в том, чтобы нагреть шаровой резервуар равномерно. Для её решения необходимо смоделировать процессы движения газа и теплообмена внутри ёмкости. На основе полученных в ходе симуляции результатов в дальнейшем будут подобраны необходимые параметры факела горелки для равномерного нагрева резервуара.

Цель данной работы – моделирование процессов движения газа и теплообмена внутри шаровой ёмкости для хранения нефтепродуктов.

Было принято решение проводить исследование методом компьютерного моделирования с использованием САПР SolidWorks, а именно с помощью модуля Flow Simulation.

Flow simulation имеет удобный инструмент для оценки тепловых и гидродинамических процессов. Для данного продукта характерен ряд особенностей: единая среда проектирования, работа с 3D-моделями; возможность решения различных задач (стационарные и нестационарные; сжимаемые и несжимаемые среды, ламинарные, турбулентные и переходные течения; учет шероховатости стенок, свободной, вынужденной или смешанной конвекции и другие); возможность задавать разнообразные граничные условия (скорость, давление, массовый и объемный расход; температура, турбулентность); наличие средств управления расчетной сеткой и визуализацией результатов [3].

Исходя из вышеприведенных особенностей, именно этот продукт был выбран для реализации поставленной цели. Для проведения моделирования была создана 3D модель объекта, представленная на рисунке 1.

Заданный материал 3D-модели – низколегированная сталь 09Г2С. Моделирующей средой для исследования был выбран воздух. Заданы начальные условия: давление окружающей среды 101 325 Па, температура – 293,2 К; а также граничное условие во входном сечении

подводящего патрубка – объёмный расход $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$. В ходе моделирования решалась внутренняя задача, так как текучая среда находится внутри исследуемого тела. После построения модели, задания начальных и граничных условий следует этап расчета.

Результаты компьютерного моделирования представлены в графическом виде на рисунках 2, 3 и представляют собой поля распределения температур и скоростей соответственно.

Следующий этап работы – анализ результатов компьютерного моделирования. Симуляция показала, что оптимальная скорость газа на входе в шаровую емкость составляет 13–14 м/с. Это позволит резервуару нагреться до заданной температуры. Распределение температур наглядно показало, что наиболее труднодоступны для нагрева – боковые части. Решить проблему с их нагревом можно регулируя длину и форму факела горелки. Данный этап работы будет осуществлен в рамках выпускной квалификационной работы.

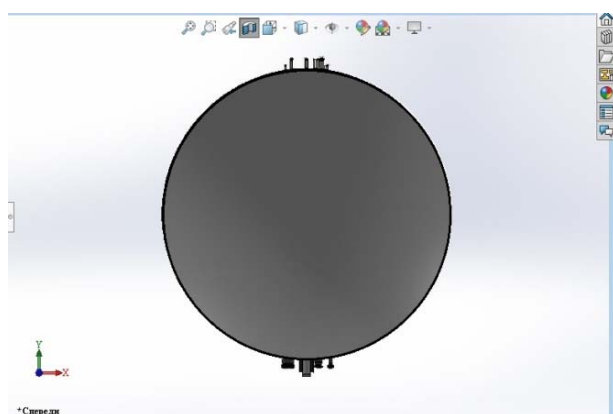


Рис. 1. 3D-модель шарового резервуара

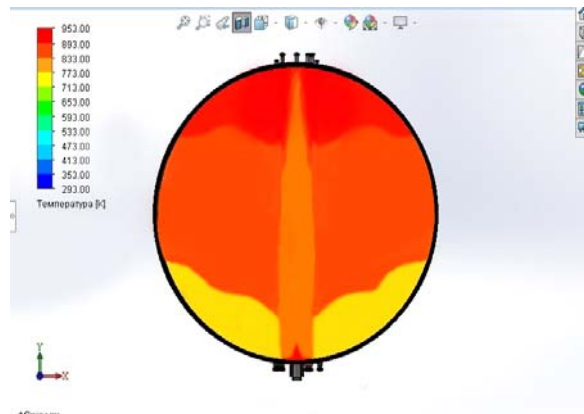


Рис. 2. Распределение температур в шаровом резервуаре

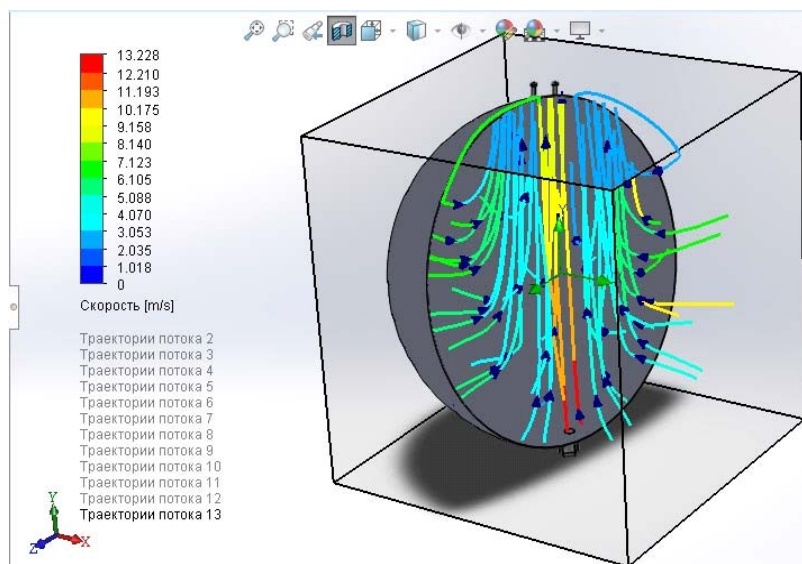


Рис. 3. Распределение скоростей в шаровом резервуаре

Список использованных источников

1. Дикун В.Н., Шейнблит Я.А. Сооружение шаровых резервуаров. – М.: Недра, 1987. – 192 с.
2. Иванец К.Я, Лейбо А.Н. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация. – М.: Химия, 1966. – 344 с.
3. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский [и др.]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.